

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный лесотехнический университет»

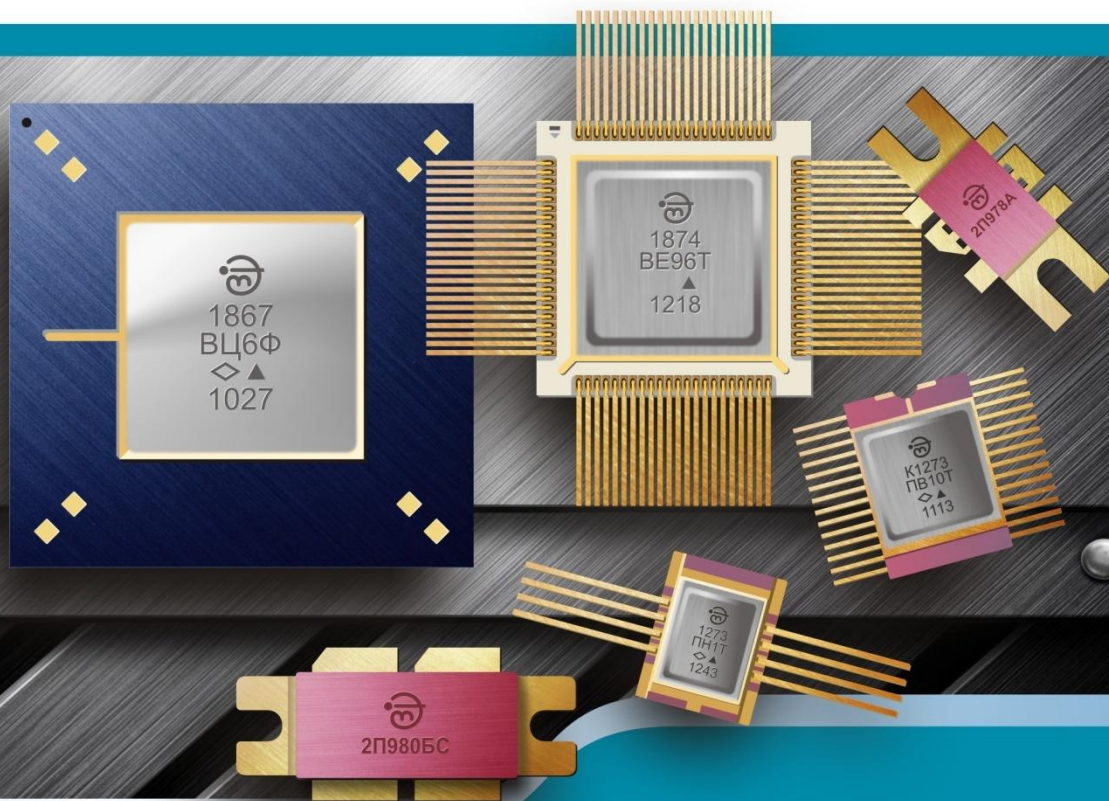
Кафедра

вычислительной техники и информационных систем

МНОГОПРОФИЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАЗРАБОТКИ

ИНТЕГРАЦИЯ С СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ



**Микросхемы  
космического назначения**

## **Содержание доклада**

- 1. Понятие электронной компонентной базы и микросхем**
- 2. Космическое пространство как агрессивная среда и ее характеристики**
- 3. Проблемы поведения микросхем в космическом пространстве**
- 4. Задачи обеспечения работоспособности микросхем в космическом пространстве**
- 5. Вклад предприятий и ВУЗов региона в решение данной проблемы и соотношение полученных решений с мировым уровнем**
- 6. Эффективность производства микросхем космического назначения**
- 7. Задачи для молодых ученых в данной области**

## ПОНЯТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И МИКРОСХЕМ

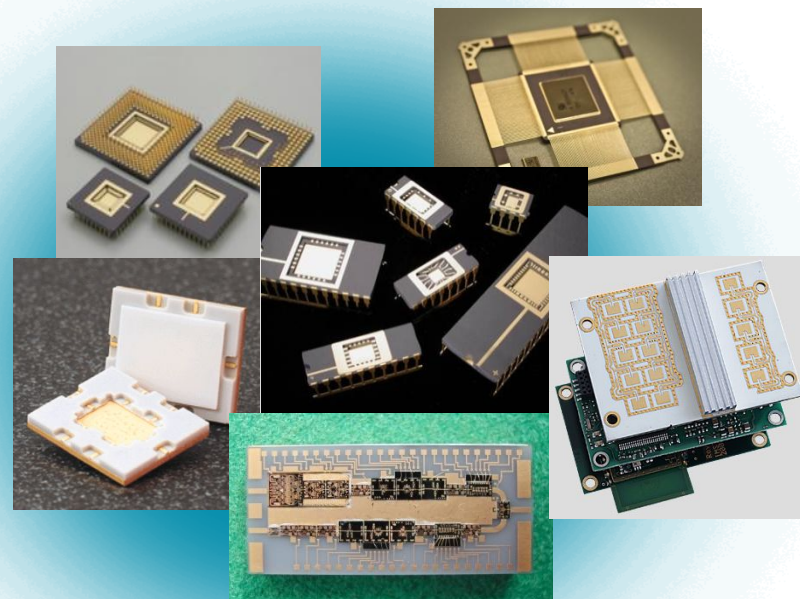
В настоящее время усиленно развивается электроника и ее составляющие последовательно именовали «электро-радиоэлементы», «электронные компоненты», «изделия электронной техники», «элементная база», «электронная компонентная база».

Микросхемы также относятся к электронной компонентной базе.

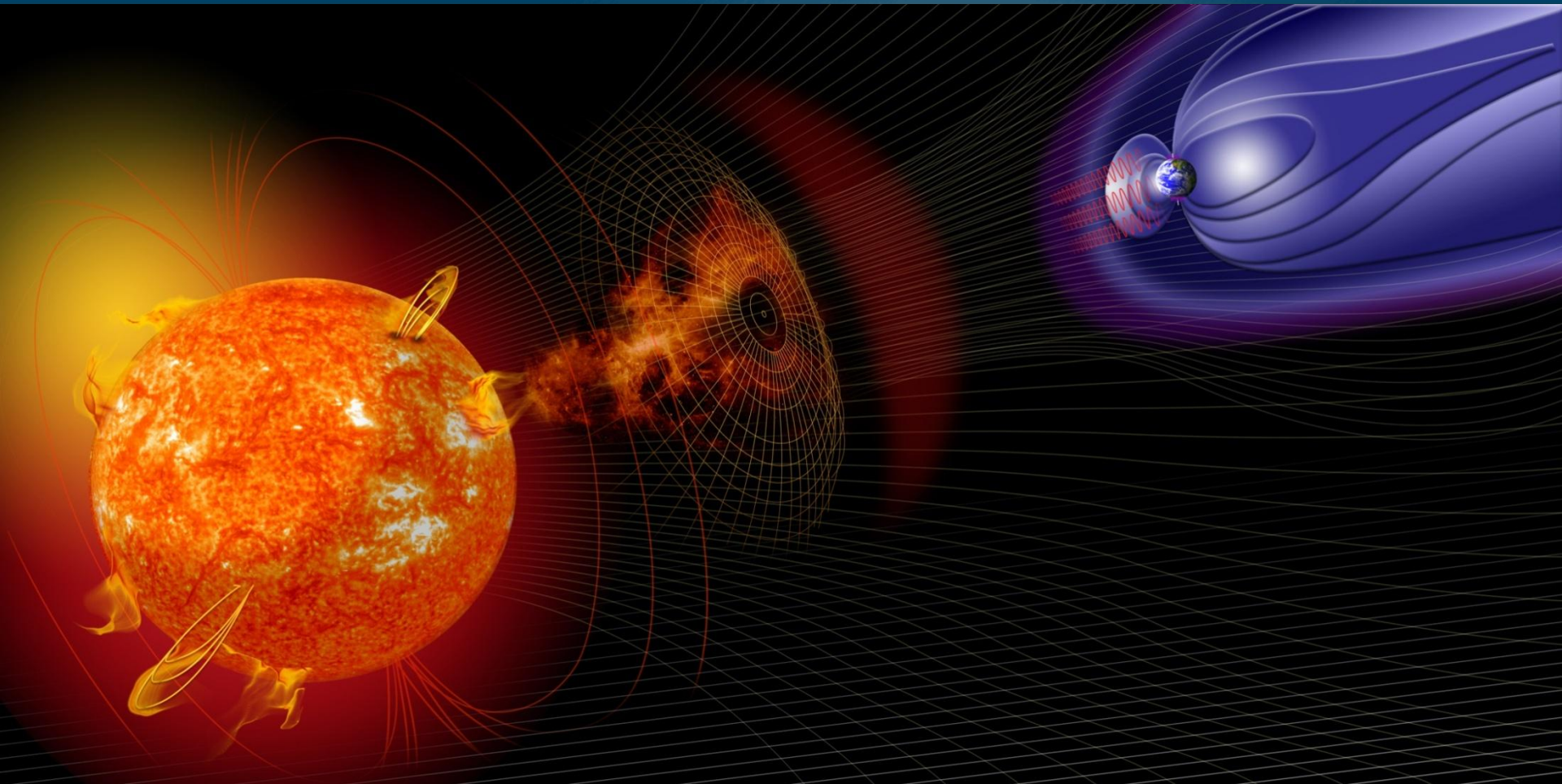
Они могут быть биполярные и униполярные

**Космос – агрессивная среда**  
**Радиация, температуры, напряжения**

**Радиационная стойкость – уровень радиации при котором микросхема полностью работоспособна**



## КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО КАК АГРЕССИВНАЯ СРЕДА И ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ



Космос характеризуется ионизирующим излучением:  
 $\gamma$ -излучение (5-7%) и частицы (свыше 90%) -  $e$ ,  $p$ ,  $n$ ,  $\alpha$ -частицы, осколки ядер

### Условия космического пространства

- низкоинтенсивное протонное и электронное излучение

Оно характеризуется большой длительностью и вызывает деградацию всех элементов микросхемы

- поражение тяжелыми частицами (прежде всего заряженными)

Одиночные сбои;

Переходная ионизационная реакция;

Катастрофический отказ;

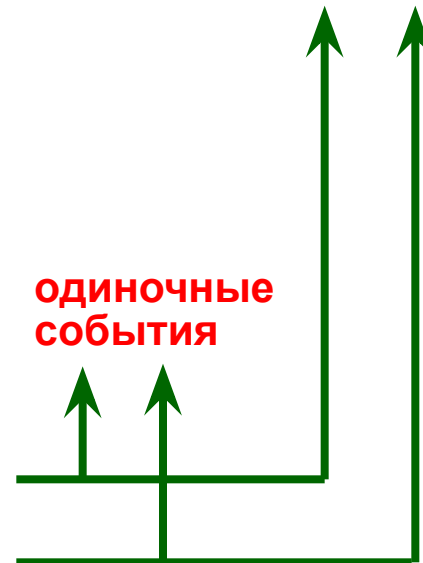
События радиационного защелкивания

- длительное воздействие циклических температур

- влияние различных режимов работы микросхемы

дозовые эффекты

одионые  
события



## ПРОБЛЕМЫ ПОВЕДЕНИЯ МИКРОСХЕМ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

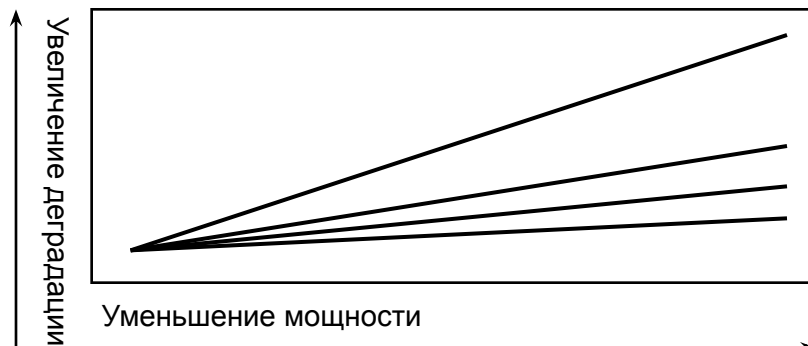
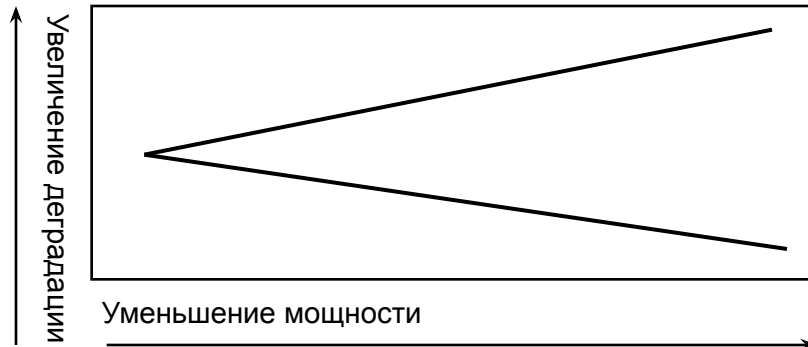
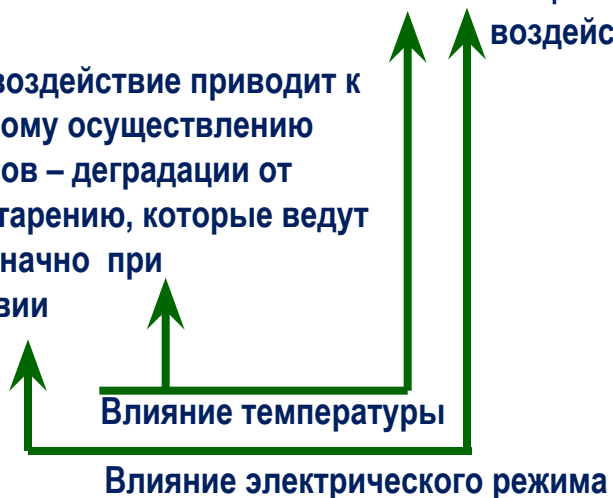
Долгое время основными микросхемами были биполярные – очень хорошая радиационная стойкость  
Однако в силу технологичности изготовления, возможности реализовать большие функциональные  
**возможности**, использовать меньшую потребляемую мощность стали в основном применяться униполярные  
микросхемы (КМОП) а у них малая радиационная стойкость

**Требуется потратить значительные усилия, чтобы довести КМОП микросхемы до требуемого уровня стойкости**

Низкая интенсивность – длительное  
воздействие - включаются новые  
процессы – деградация при низкой  
интенсивности ведет себя неоднозначно

Влияние  
мощности  
воздействия

Длительное воздействие приводит к  
одновременному осуществлению  
двух процессов – деградации от  
радиации и старению, которые ведут  
себя неоднозначно при  
взаимодействии



## ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МИКРОСХЕМ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ



**Обеспечить стойкость – создать средства защиты от радиации**

**Вначале необходимо оценить стойкость**

**Провести моделирование радиационных процессов**

**Принять необходимые меры по обеспечению стойкости**

## ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ: ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА ЗЕМЛЕ

Оценка стойкости в реальных условиях космического пространства

длительность

сложность представление результатов

крайне малое число испытаний

стоимость

Оценка стойкости на моделирующих установках

Учесть низкую интенсивность

Учесть температурные воздействия

Учесть механизмы деградации от старения

приемлемая длительность

достоверность

сложности с использованием длинных  
линий измерений

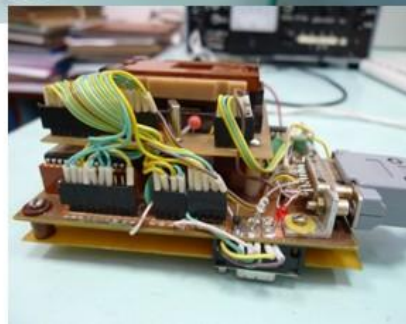
Оценка стойкости на имитирующих установках

калибровка к моделирующим  
установкам

возможность использовать короткие  
линии измерений



## ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ: ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПАРАМЕТРОВ МИКРОСХЕМ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

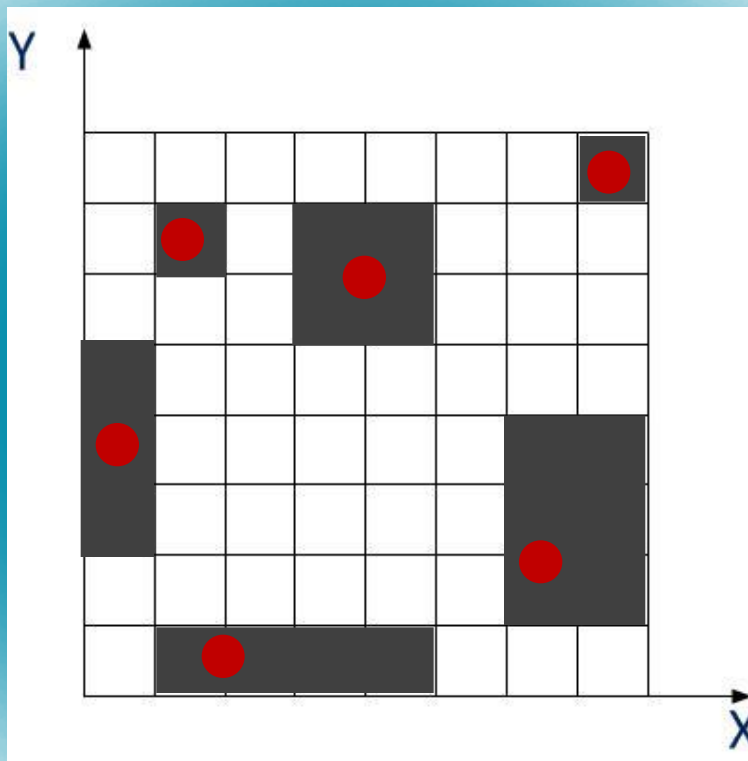


Методика проведения испытаний включает:

- определение критических режимов и параметров критериев-годности,
- изготовление оснастки, которая должна:

1. Определить сбой,
2. Выявить тип сбоя,
3. Определить место в котором произошел этот сбой,
4. Все результаты внести в базу данных,
5. Перезапустить программу тестирования вновь.

**Математическое моделирование**  
Происходит в САПР сквозного проектирования (на всех уровнях проектирования)  
пример - Функционально-логическое моделирование



**Методы защиты известны:**

**Использование защитных покрытий WALOPACK и RAD-PAK**

Покрытие корпусов WALOPACK представляет собой структуру с чередующимися слоями с преимущественным содержанием керамики и порошкообразного вольфрама  
В RAD-PAK в составе доминируют вольфрам и медь

**Использование технологических, конструктивных и схемотехнических методов:**

Защита от дозы – разработка новой технологии

Защита от сбоев – схемотехнические решения

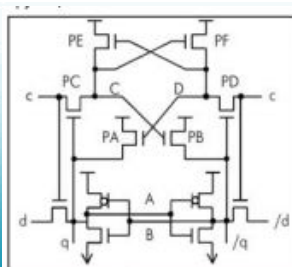
- 1.Создание стойкой ячейки на основе специальных схемотехнических приемов
- 2.Резервирование
- 3.Изменение частотных характеристик
- 4.Включение специальных кодов (например, код Хемминга)
- 5.Другие методы на основе особенностей работы микросхемы

Основы применения методов – это их оптимальное сочетание

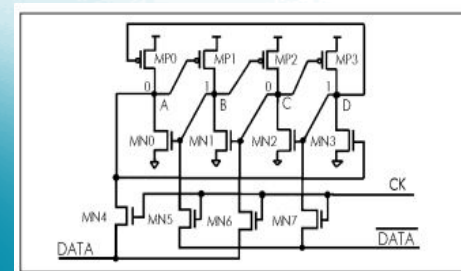
Потому, что применение всех методов приведет к неспособности микросхемы осуществлять свои функции в заданном режиме

При этом существует основная проблема: при проектировании микросхем должна быть повышена доля автоматизации

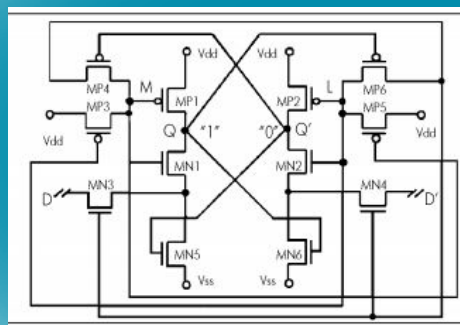
Защищенная ячейка памяти ф. IBM



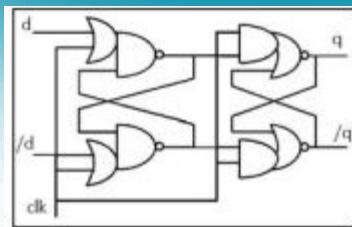
Ячейка  
памяти DICE



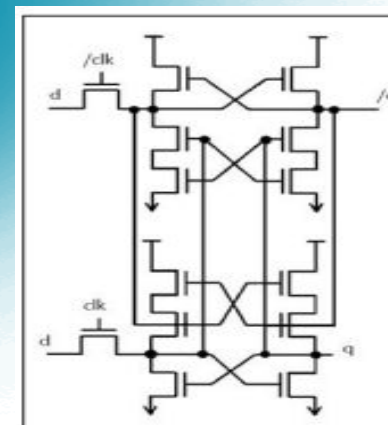
Защищенная ячейка HIT

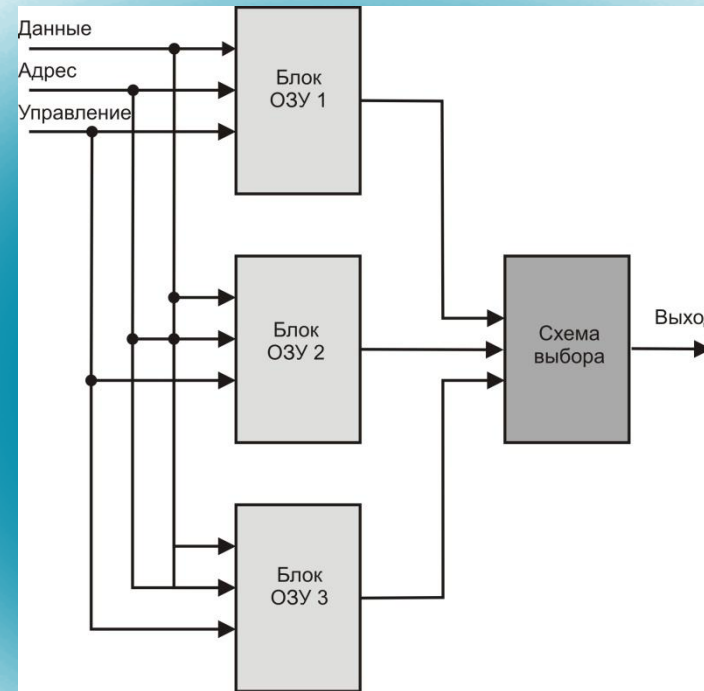


Ячейка памяти Канариса



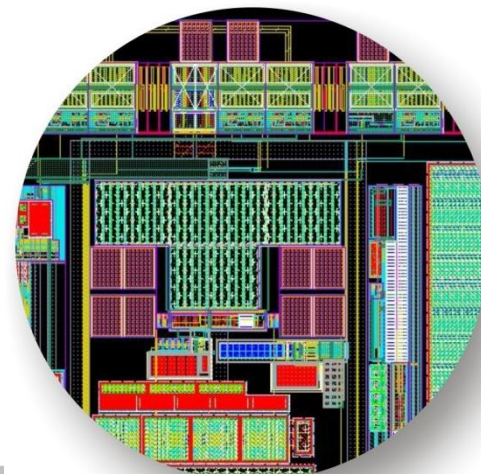
Ячейка  
памяти  
NASA





Резервирование для защиты ОЗУ в микросхеме

## ВКЛАД ПРЕДПРИЯТИЙ И ВУЗОВ РЕГИОНА В РЕШЕНИЕ ДАННОЙ ПРОБЛЕМЫ



### СООТНОШЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕШЕНИЙ С МИРОВЫМ УРОВНЕМ:

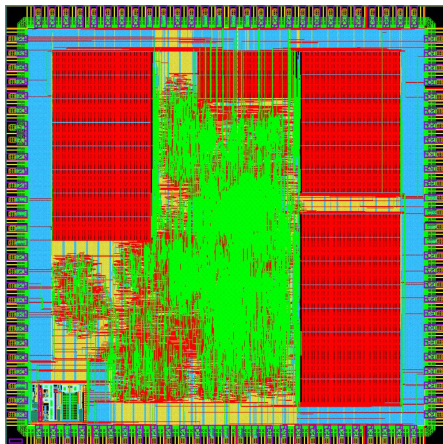
Реализация функциональных возможностей микросхемы - **соответствует**

Доминирующие проектные нормы - **соответствуют**

Величина стойкости - **соответствует**

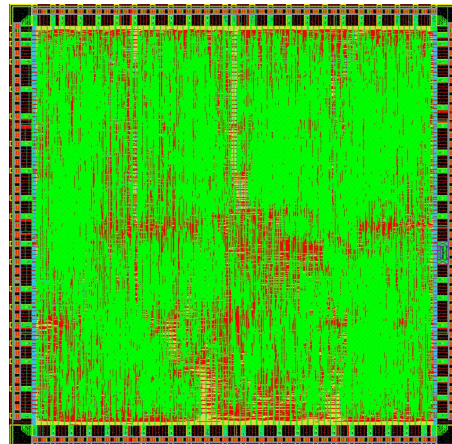
Параметры чувствительности микросхем к сбоям - **соответствуют**

Изделие без средств защиты



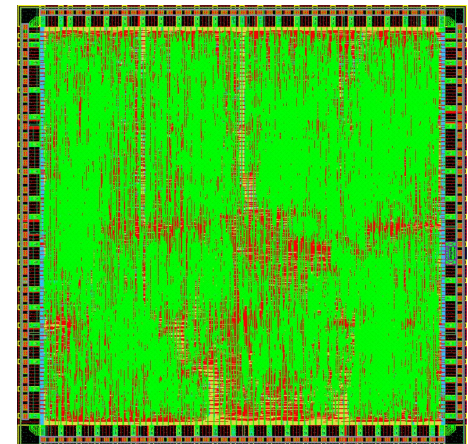
Число сбоев - 6500 за время  $t$

Изделие с частичной защитой



Число сбоев - 3300 за время  $t$

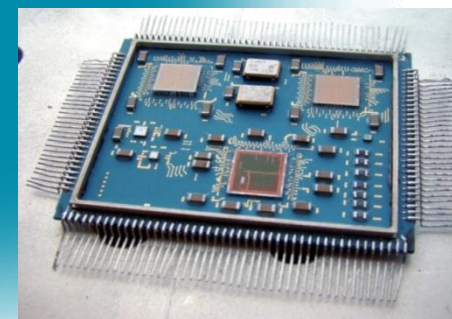
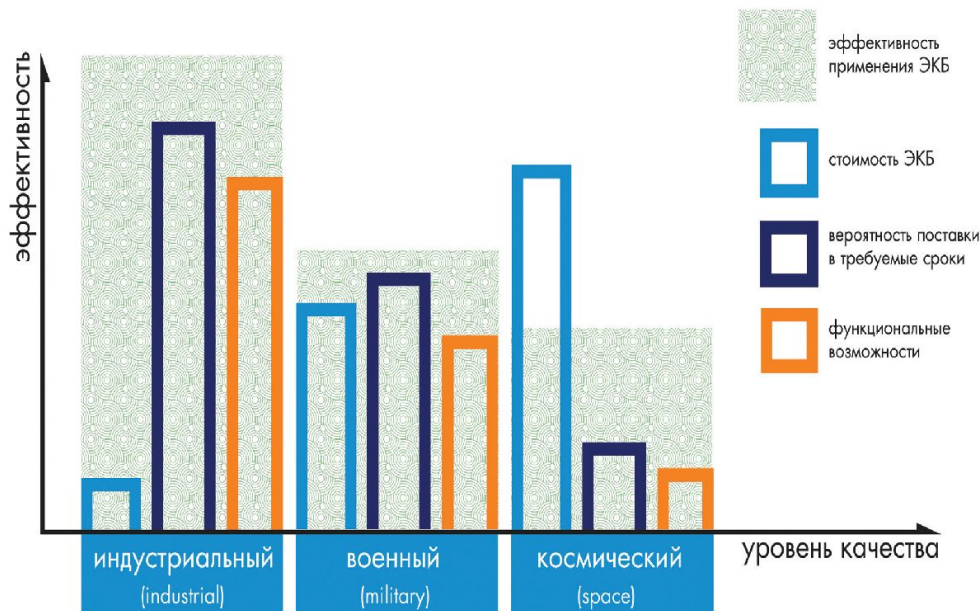
Полностью защищенное изделие



Число сбоев - 0 за время  $t$

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОСХЕМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сравнение показателей коммерческих или индустриальных, военных и космических микросхем (по данным зарубежной печати)





## ЗАДАЧИ ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ В ДАННОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

- Основные задачи:
1. Методы проведения испытаний
  2. Методы обеспечения стойкости при проектировании
  3. Методы контроля стойкости при производстве

**Научно-образовательный центр** «Информатизация, нанотехнологии, проектирование и испытания изделий микроэлектроники» Приказ № 14а л.с. от 5 02.2007

**Базовая кафедра** «Информационные технологии, проектирование, управление» Приказ № 14б л.с. от 5 02.2007

**Центр коллективного пользования** «Автоматизация в передовых технологиях и разработках» Приказ № 44 от 16.01.2006

### Договоры о сотрудничестве

с ФГУП «НИИЭТ» №1-2007 от 15.02.2007      ОАО «НИИЭТ» №1-2013 от 15.04.2013

с ОАО «ВЗППП-С» №13-07К от 15.02.2007

с ОАО «СКБТ ЭС» №12.0 от 15.02.2007

